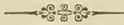


NOTICIAS PETROGRÁFICAS DE LLANQUIHUE



Para completar las memorias que preceden, vamos a dar algunas noticias bajo el punto de vista jeológico, agregando en rasgos jenerales los resultados obtenidos del exámen de las muestras de rocas coleccionadas por el doctor Steffen durante sus dos éspediciones (en los años de 1892 i 1893) en la rejion andina de Llanquihue.

El primer viaje tuvo como objeto principal el reconocimiento científico de la rejion del lago de Todos Santos; el segundo continuó la esploracion hasta el valle del rio Frio, tributario del lago de Nahuelhuapi, i hasta la rejion al oriente del monte Tronador. De los territorios mencionados proviene, pues, la mayor parte de las muestras recojidas.

No habiendo estado en el terreno, me es imposible dar detalles sobre la posicion jeológica de las rocas, de manera que solo me concretaré a la descripcion petrográfica de ellas.

El total de estas muestras alcanza a cincuenta, de las cuales, con pocas escepciones, se hicieron preparaciones micro-petrográficas, porque una determinacion exacta de cualquiera roca solo es posible con ausilio del microscopio, preparando las rocas en láminas delgadas hasta hacerlas transparentes.

Las siguientes líneas no tienen por objeto el dar una descripcion petrográfica de las distintas muestras i de manifestar todos los detalles observados bajo el microscopio, sino de caracterizar

los principales grupos de rocas que se hallan en la rejion andina de Llanquihue i de compararlos, en cuanto se refieren a masas eruptivas, con las rocas análogas provenientes de otras localidades de Chile.

He aprovechado en esta comparacion de las esperiencias adquiridas en la determinacion petrográfica de un gran número de rocas procedentes de otras partes de la República.

*
* * *

Las muestras recojidas por el señor Steffen en sus dos espediciones, pertenecen la mayor parte a las rocas eruptivas; solo en el segundo viaje se encontraron pizarras cristalinas (principalmente micasquistas) en el territorio situado entre el monte Tronador i la estremidad occidental del Nahuelhuapi, faltando estas últimas completamente en las muestras de la primera espedicion (1).

Las rocas eruptivas pueden clasificarse, segun su edad jeológica, en dos grupos bien distintos, petrográficamente separados, a saber: en rocas que llegaron a la superficie durante la era paleozóica (i talvez mesozóica), i las neoplutónicas, es decir, de oríjen terciario i postterciario. El primer grupo se subdivide en rocas graníticas i dioríticas, i el segundo en andesitas i basaltos

PIZARRAS CRISTALINAS

La estension de las pizarras cristalinas en la rejion explorada por el profesor Steffen es bastante reducida. Por las investigaciones hechas en el terreno, parece que estas pizarras se estienen desde las faldas orientales del Tronador hácia el norte siguiendo los bordes occidentales del valle del rio Frio. Ade-

(1) La presencia de las pizarras cristalinas en medio de la Cordillera Real es tanto mas interesante cuanto que hasta ahora se sabe mui poco de la existencia de tales rocas en la cordillera de los Andes propiamente dicha. (Véase STELZNER, *Beiträge zur Geologie und Paläontologie der Argentinischen Republik*, I, pájs. 16 i 21). Una cosa bien distinta sucede con la cordillera de la costa, que se compone, por ejemplo, en la provincia de Valdivia, de gran parte de esquistas cristalinas.

mas, fueron encontradas en el cerro Ocho de Febrero, que forma parte del lomo del cerro de la Esperanza i que divide las aguas interoceánicas (1).

Proviene de esta rejion ocho muestras de *micasquistas* que se asemejan mucho entre sí en aspecto i composicion. Son casi todas rocas de un color gris negruzco, de grano fino, que constituyen capas delgadas de color mas claro (cuarzosas) i de color mas oscuro (micosas). La disposicion estratificada es mui poco pronunciada i en varias muestras falta completamente. Estas últimas se distinguen por su alto grado cristalino (2).

Como constituyentes esenciales son de mencionar únicamente los dos minerales cuarzo i mica oscura. El aspecto microscópico del primero hace ver jeneralmente muchas pequeñas inclusiones líquidas dispuestas en forma de filas o hileras. La mica forma hojitas mui irregularmente limitadas, que muestran en la luz polarizada un dicroísmo mui pronunciado en secciones perpendiculares al clivaje principal, cambiando los colores entre un pardo mui claro i un pardo mui oscuro. En algunas de estas rocas la mica se ha trasformado en parte, por descomposicion, en masas verdes cloríticas. De los constituyentes accesorios se halla en todas las muestras examinadas un poco de apatita i de jergon; i, fuera de estos minerales, se encuentran pequeñas cantidades de magnetita, titanita, pirita de hierro, hematita i epidota secundaria.

A las pizarras cristalinas pertenece ademas una *esquista anfíbólica* procedente del cerro Ocho de Febrero. Esta roca, de color gris verdoso, se compone de capas delgadas alternativamente claras (cuarzosas) i oscuras (abundantes en anfíbola). En la constitucion mineralógica, fuera del cuarzo, existe sobre todo anfíbola verde fibrosa, i tambien pequeñas cantidades de hierro magnético, epidota-pistacia i mui poco de apatita.

(1) Limites mas exactos de la estension de estas pizarras no pueden demarcarse, puesto que la rejion al este del rio Frio i al sur del Tronador es aun completamente desconocida.

(2) Es mui probable que estas rocas, a causa de las presiones i altas temperaturas producidas en el acto de la formacion de la montaña, hayan sido metamorfoseadas.

ROCAS GRANÍTICAS I DIORÍTICAS

a) *Granitos*.—Los ejemplares de la familia granítica no se distinguen en jeneral, ni por su aspecto ni por su composición mineralógica, de los representantes de otros territorios graníticos conocidos desde hace tiempo. Todas las muestras presentes, con escepcion de un granito de *dos micas*, que se presenta en forma de dique, carecen de la mica blanca (muscovita); pertenecen, pues, a la subdivision de los *granititos* (segun Rosenbusch (1) i otros autores, refiriéndose puramente a la composición mineralógica i no al tamaño de los constituyentes); tambien en esto corresponden a la descripción dada por Rosenbusch, que se nota, junto con la ausencia de la muscovita, un aumento de los feldespatos plajioclásicos, de los óxidos de hierro i una escasez del cuarzo en comparacion de los verdaderos granitos de dos clases de mica. En estos granititos pueden distinguirse dos subdivisiones, es decir, granititos sin anfíbola i granititos con anfíbola.

Los *granititos* (sin anfíbola) se presentan en cinco ejemplares procedentes de Chaica, lugar situado en la orilla oriental del seno de Reloncaví, del baño en la ribera izquierda del rio Petrohue, de la cordillera de Santo Domingo i de varios lugares de la orilla del lago de Todos los Santos. Son rocas de grano mediano, hasta fino, i contienen una mezcla de cuarzo, feldespato (ortoclasa i plajioclasa) i mica oscura (biotita) como constituyentes esenciales; entre los minerales accesorios, el microscopio deja ver en todas las muestras magnetita, apatita i jergon. Tambien se han observado en algunas de estas rocas hierro titánico, titanita e indicios de turmalina (este último mineral aparece en la muestra sacada de la cordillera de Santo Domingo). En dos de ellas se halla tambien un poco de anfíbola, por lo cual se indica la transicion al grupo siguiente. La mica, a causa de su descomposición avanzada, ha dado lugar a la formación de productos cloríticos que tiñen las rocas de un color verdoso.

(1) *Mikroskopische Physiographie der Mineralien und Gesteine*. 2ª. edicion 1887, tomo II, páj. 32 i sig.

Los *granitos anfibólicos*, que forman la segunda subdivisión de los granitos, cuentan con mayor número de muestras que el grupo precedente; las localidades de donde se sacaron estas rocas, coinciden en parte con las de los granitos sin anfíbola (Chaica, orillas del río Cochamó, del río Hueñu-Hueñu, alrededores del lago de Todos los Santos i cerro Doce de Febrero). Esas rocas, de grano mediano, se componen de los dos feldespatos ya mencionados, de cuarzo, anfíbola i mica-biotita, como minerales esenciales; de magnetita, hierro titánico, titanita, apatita i jergon como elementos accesorios; a los últimos se agrega algo de epidota-pistacia secundaria, procedente de la anfíbola descompuesta. Una parte de estas muestras contiene tanta anfíbola como mica negra, en la otra la hornblenda prevalece a la biotita.

Cuando desaparece el cuarzo en las rocas anfibólicas ahora descritas, resultan sienitas: una muestra recojida en la orilla del río Blanco, tributario del lago de Todos los Santos, es una *sienita* típica, que se compone de una mezcla íntima de mucho feldespato (en la mayor parte ortoclásico) i de anfíbola bien pleocroítica; a más de estos minerales, contiene la roca algo de mica-biotita, titanita, hierro titánico, apatita i epidota secundaria como accesorios.

Como apéndice a las rocas graníticas hai que mencionar un verdadero *granito* de dos clases de mica, el cual se presenta en forma de dique muy delgado entre el granitito de Chaica. Constituyen esta roca de grano grueso las dos clases de feldespato, cuarzo, mica potásica i magnésiana; también una pequeña cantidad de apatita i jergon.

b) Rocas dioríticas.

a) Dioritas.—En los alrededores del lago de Todos los Santos se encontraron dos *dioritas*. La primera de estas muestras, procedente de la Playa Chica (costa sur del lago) representa una roca de grano mediano, hasta grueso, i de color gris oscuro i se compone macroscópicamente de un mineral claro i uno oscuro. El examen microscópico hace reconocer mucha plajioclasa incolora en macles o gemelos repetidos, la cual, según sus calidades ópticas, parece pertenecer a la especie llamada labradorita, también anfíbola, de color verde-oscuro, i algo de hierro

titánico, apatita i epidotapistacia. La segunda muestra, encontrada en el Puerto Verde, es una roca de grano fino i color oscuro, cuyos componentes esenciales son feldespato (principalmente plajioclasa), anfíbola i aujita (en parte hiperstena); accesoriamente hai hierro magnético i titánico, apatita i jergon. La aujita se encuentra mui a menudo en forma de granitos redondos envuelta en la anfíbola.

Debe llamarse *diorita porfírica* una roca coleccionada en la bajada del campamento de la laguna Canquenes a la laguna Fria; su estructura porfírica es visible, principalmente en la lámina microscópica, miéntras que a la simple vista la roca se presenta como una masa de grano fino e igual. Consta de cristales porfíricos de feldespato (plajioclasa) cuyo diámetro alcanza un milímetro, mas o ménos, i de una materia fundamental compuesta esencialmente de anfíbola, feldespato i magnetita en mezcla íntima. Es posible que esta roca sea una diabasa metamórfica, es decir, uralítica, pero no se encontraron restos de aujita ni a la simple vista ni por el microscopio.

β) *Diabasas*.—La rejion del lago de Todos los Santos es la localidad donde se han recojido dos muestras de *diabasas*, una en la ribera de la ensenada de Cayutué, formando un dique en el granitito, la otra en la orilla del rio que nace en la falda oriental del volcan Puntiajudo. Ambas rocas son de color gris verdoso i de grano fino; sus constituyentes principales son la plajioclasa i la aujita; la descomposicion del último mineral dió lugar a la formacion de sustancias cloríticas que producen el color verdoso de esas rocas. Accesoriamente se agregan a los minerales ya mencionados en la primera muestra los siguientes: cuarzo, anfíbola fibrosa, hierro magnético i titánico, titanita i apatita; en la segunda, hierro magnético, apatita i epidotapistacia.

γ) *Norita* (1).—Una roca tal fué sacada de la orilla del rio

(1) Se usa la espresion *norita* en la literatura petrográfica moderna (por ejemplo: ROSENBUSCH, *Fisiografia*, tomo II, edic. II, páj. 150) para rocas que, anteriormente llamadas hiperstenita, roca de hiperstena, etc., constan esencialmente de plajioclasa básica i piroxena rómbica (principalmente hiperstena).

Hueñu-Hueñu, tributario al río Petrohue. Tiene color gris oscuro, grano mediano i contiene plajioclasa (labradorita), hiperstena i mica-biotita como minerales esenciales; apatita i magnetita como accesorios. La hiperstena muestra en la luz polarizada del microscopio un pleocroismo de colores entre verde claro i encarnado vinoso e incluye numerosas interposiciones de laminillas oscuras, lo que es característico para el mineral hiperstena.

ROCAS ANDESÍTICAS I BASÁLTICAS

a) *Andesitas*.—Como *andesitas aujíticas*, de un aspecto semejante a las traquitas, pueden designarse dos ejemplares ásperos, algo porosos i de color gris, de los cuales uno proviene de una moraina lateral del ventisquero donde nace el río Frio, el otro de la falda oriental del Tronador, en las inmediaciones del portezuelo Barros Arana. Se componen estas muestras, según el exámen microscópico, de una masa fundamental formada de feldespato, aujita, magnetita i algo de apatita, hallándose incluidos en esta masa, en el primer ejemplar, cristalitos porfíricos de aujita i feldespato; en el segundo solamente los de feldespato. El último mineral muestra en casi todos los casos una estructura en forma de macles, es, pues, jeneralmente plajioclasa i parece pertenecer, según el análisis óptico, a la oligoclase o andesina.

Otra *andesita aujítica* está representada por una muestra parda negruzca, sacada de una moraina cerca del oríjen del río Peulla (falda norte del Tronador); en la masa fundamental, que a la simple vista parece ser homogénea, se notan únicamente cristales de feldespato. Los constituyentes de la masa fundamental son: aujita, feldespato, magnetita i óxido de hierro, siendo este último mineral el que produce el color pardo de toda la roca. Entre los componentes porfíricos aparecen, fuera del feldespato plajioclasa ya mencionado, aujita i hierro magnético.

Del volcán Osorno proviene una lava de *andesita aujítica*, la cual es una roca gris negra, muy porosa, en cuya masa fundamental, al parecer homogénea, se observan cristales blancos de

feldespato. El estudio microscópico da por resultado la existencia de una copiosa masa vítrea de color parduzco, algo de aujita, feldespato triclinico i hierro magnético en abundancia.

Este último mineral presenta las mas curiosas formas de agregacion, acumulándose los pequeños octaedros opacos en forma de palos, cruces, ramos de árboles, etc.

Una *andesita hipersténica* se recojió en la moraina lateral del ventisquero del rio Frio. La muestra, algo porosa, de color de ceniza, contiene una masa fundamental compuesta de plajioclasa, aujita, hierro magnético, apatita i probablemente algo de masa vidriosa. En ella están encerrados cristalitos porfiricos de plajioclasa con muchas inclusiones vidriosas; aujita (en la mayor parte hiperstena rómbica, cuyo color en la luz polarizada cambia de verdoso a rojizo); mui poco de mica-biotita con márgenes negros producidos por el calor de la masa fundida i, por último, hierro magnético.

b) *Basaltos*.—Interesante, por la separacion de su masa en columnas, es un *basalto plajioclásico* que forma la llamada "viguería" en la orilla derecha del rio Petrohue. Esta roca, de color gris negruzco, tiene una estructura anamesítica, es decir, de grano fino e igual. Bajo el microscopio se reconocen como constituyentes los siguientes minerales: feldespato-plajioclasa, aujita, hierro magnético i olivina; en las secciones de este último mineral pueden observarse pequeñísimos octaedros algo transparentes, con color pardo rojizo, de espinclacromita (1).

Verdaderos *basaltos plajioclásicos* son las muestras que se colectaron en la parte norte de la boca de Reloncaví, en la orilla de la ensenada de Cayutué (lago de Todos los Santos) i en el cerro Doce de Febrero. Estas rocas, de color negro hasta gris negruzco i de estructura algo porosa, aparecen a la simple vista en parte como masas homogéneas (muestra de la boca de

(1) JULIET (*Memoria de Marina*, 1871, páj. 222) usa para la roca ahora descrita i para otros ejemplares de las familias de basalto i de andesita, la denominacion de roca «traquítica». La palabra «traquita» ha servido, ántes de la aplicacion del microscopio para la clasificacion de las rocas, como nombre colectivo de la mayor parte de las rocas terciarias i posterciarias.

Reloncaví), en parte contienen cristálitos porfíricos de feldespato, olivina i aujita embutidos en una masa fundamental compacta (muestras de la ensenada de Cayutué i del cerro Doce de Febrero). El exámen microscópico da a conocer como constituyentes los minerales plajioclasa, aujita, olivina, magnetita i algo de apatita. En la materia fundamental se encuentra jeneralmente poca cantidad de masa vítrea.

Por fin, hai que mencionar varios ejemplares de *lavas basálticas* procedentes de la ensenada de Cayutué i del cerro Doce de Febrero. Estas rocas dejan ver macroscópicamente puntitos sueltos de feldespato blanco en una masa negra casi homogénea. El microscopio hace distinguir los mismos constituyentes como en los basaltos plajioclásicos ya mencionados, es decir, contienen los minerales plajioclasa, olivina, aujita, hierro magnético i algo de apatita, agregándose en la materia fundamental algo de masa vítrea.

Aquí deben mencionarse todavía dos muestras de *arenas* de grano grueso i de color oscuro, que consisten en material basáltico. Fueron recojidas una en la playa del lago de Todos los Santos, al pié sur del cerro Puntiagudo, i la otra en la playa del río Petrohue, en la parte inferior, donde brota una terma (el "baño" de Petrohue).

*
* *

Habiendo dado en rasgos jenerales una reseña de las rocas mas características del territorio andino de la provincia de Llanquihue, agregaremos ahora algunas observaciones jenerales que se refieren a la comparacion de ellas con rocas análogas provenientes de otras partes de Chile.

Como hemos dicho mas arriba, las pizarras cristalinas de nuestra rejion son parecidas a las que se hallan en la parte sur de la cordillera de la costa, formada, principalmente en la provincia de Valdivia, por micasquistas granatíferas.

En cuanto a las rocas eruptivas, trataremos primero de los grupos granítico i sienito-granítico, que forman la parte principal de las rocas eruptivas ante-terciarias. Esceptuando la con-

tinuacion inmediata de la Cordillera Real hacia el norte (1), parece que en ninguna parte de la Alta Cordillera en el norte de Chile, haya rocas análogas a este grupo; porque no se pueden tomar en consideracion las rocas así llamadas "andinas" de Stelzner (2), las cuales son, como lo ha manifestado últimamente W. Moericke (3), muy probablemente traquitas i andesitas de grano igual, formadas bajo la cubierta de otras rocas i desnudadas por la erosion de las aguas.

Aquella region que contiene rocas eruptivas paleozóicas de la serie sienito-granítica en gran número, es la cordillera de la Costa. En la parte sur de esta última las pizarras cristalinas forman, como se espuso ya anteriormente, los constituyentes principales, mientras que en las regiones central i setentrional de Chile son muy frecuentes las rocas eruptivas antiguas. Aquí se encuentran principalmente las rocas descritas arriba bajo la denominacion de *granititos anfibólicos*. La presencia de muestras de esta clase principia, segun los ejemplares estudiados por mí, en la provincia de Concepcion. La roca procedente de esta parte (Arenal) es bien fresca, de grano mediano i tiene casi tanta mica oscura como anfíbola entre sus componentes; se la usa actualmente para la construccion del dique de Talcahuano. La region central de la cordillera de la Costa (provincia de Valparaiso), se constituye en gran parte de granititos anfibólicos, i la misma proporcion en la concurrencia de tales rocas parece existir en las partes setentrionales de Chile: en la provincia de Atacama, por ejemplo, las rocas sienito-graníticas abundan tanto que, segun el número de los ejemplares determinados por mí, mas de la cuarta parte de todas las rocas paleozóicas pertenecen a este grupo. Granititos sin anfíbola son menos frecuentes que los anteriores; hasta ahora se me presen-

(1) Pertenecen aquí algunas muestras coleccionadas por el señor Stange en su viaje desde Osorno al lago de Nahuelhuapi. Proviene de las orillas del lago Rupanco i del valle del rio Golgol en las cercanías de los llamados «Baños de Puyehue».

(2) *Contribuciones a la Jeolojia i Paleontolojia de la República Argentina*, I, páj. 198.

(3) *Das Eruptivgebiet (terreno eruptivo) des San Cristóbal bei Santiago (Chile)*.—Noticias Mineralójicas i Petrográficas de Tschermak, 1891, páj. 143.

taron muestras de tal clase de rocas principalmente de la provincia de Atacama. En esa rejion se colectaron tambien varios granitos de dos clases de mica.

Al desaparecer el cuarzo en estos granititos anfibólicos, resultan sienitas que se encuentran en Atacama i en otras partes de Chile. Estas rocas deben ser aliadas íntimamente, segun mi opinion, con los granititos anfibólicos, porque hai rocas transitorias de varias clases. Relativamente en pequeño número existen en Chile las dioritas; éstas serán dependientes, como las sienitas, por la mayor parte de los granititos anfibólicos.

En todo el terreno paleolítico hai gran número de diabasas en forma de diques. Pertenecen a los tipos mas comunes que se conocen hasta hoi; unas veces tienen estructura algo porfirica; tambien son notables por la inclinacion del mineral aujita de pasar a anfíbola fibrosa (uralita). Por la gran frescura de sus constituyentes mineralójicos, se distinguen favorablemente de la mayor parte de las rocas que he examinado, unas noritas (hiperstenitas) que atraviesan en forma de diques las masas graníticas en los alrededores de Valparaiso, en Atacama i probablemente en muchas otras localidades de la República. Estas muestras, de grano mediano, hasta grueso, llevan jeneralmente solo plajioclasa, hiperstena i algo de hierro titánico. Tambien provino de Atacama una norita olivinosa bien característica.

Pasando ahora a las rocas eruptivas terciarias análogas a las descritas anteriormente, trataremos primero de las andesitas. Éstas forman, así como en los países situados al norte de Chile, la parte principal de la montaña de donde se deriva su nombre. Tenemos a nuestra disposicion una coleccion de ellas, que proviene en su mayor parte de la provincia de Atacama, con casi todas las modificaciones de estructura i combinacion que hasta ahora se conocen. Mientras que las andesitas anfibólicas i micáceas poseen jeneralmente un color relativamente claro i un aspecto traquítico, la mayor parte de las andesitas aujíticas, incluidas las andesitas hipersténicas, bastante abundantes, es de un color oscuro i se asemejan a menudo a las lavas de las islas de Santorin.

Advertiremos, ademas, que se halla en Atacama un pequeño número de perlita i piedra pez, que debe agregarse proba-

blemente a la familia de las andesitas. También se encuentra en esta provincia, lo mismo que en el sur de Chile (paso de Lonquimai) piedra pómez de la familia andesítica; se notan, pues, todas las transiciones, desde una andesita anfibólica pura hasta la verdadera piedra pómez.

Por último, en cuanto a los basaltos, se observan en Chile, según mis estudios, únicamente basaltos plajioclásicos. Estas rocas son representadas solo por un número relativamente pequeño de muestras. En la región central de Chile se hallan, por ejemplo, en cerros aislados del valle central (Chimbarongo), mientras que en Atacama parecen formar unos cordones menores al poniente de la Cordillera Real.

El mayor número de estas rocas se asemeja a las andesitas aujíticas, a pesar de su contenido de olivina, característico para basaltos, lo que se declara mineralógicamente por una abundancia en plajioclasa, de un color claro en la aujita, etc., i químicamente por una cantidad considerable de sílice. Así, un análisis de una roca basáltica sacada de la región de Caracoles (Atacama), dió por resultado 54, 60% de sílice.

De una manera verdaderamente clásica se hallan desarrollados ciertos representantes de las familias andesítica i basáltica en las islas de Juan Fernández. Aquí aparecen, fuera de las rocas propilíticas con anfíbola fibrosa verde (la que salió de aujita), andesitas aujíticas en distintas clases. Todos los basaltos son plajioclásicos; entre éstos hai variedades con tanta olivina que los granos de este mineral (que llega hasta el tamaño de una avellana) constituyen casi la mitad de toda la masa de dichas rocas (1).

ROBERTO PÖHLMANN

(1) Noticias mas detalladas de la jeolojía i mineralojía de Juan Fernández van a publicarse en estos ANALES en poco tiempo mas.

